



پژوهشنامه‌ی مدیریت اجرایی

علمی - پژوهشی

سال پنجم، شماره‌ی نهم، نیمه‌ی اول ۱۳۹۲

به کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی در اندازه‌گیری کارایی

صنعت بانکداری، مطالعه‌ی موردی؛ شعب بانک تجارت استان مازندران

* عبدالحمید صفایی قادیکلایی

** علی زارع شاهی

تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱

چکیده

تکنیک‌های نوین اندازه‌گیری کارایی در دو حوزه‌ی مرزهای پارامتریک و ناپارامتریک توسعه یافته و هر یک دارای توانمندی‌ها و محدودیت‌های ویژه‌ای هستند. در این میان؛ تحلیل پوششی داده‌ها مرسوم‌ترین و پرکاربردترین روش است. با این وجود، این روش با ضعف‌هایی چون پیچیدگی در تعیین نوع بازده به مقیاس و انحراف مرز در صورت وجود عوامل تصادفی روبه‌روست. برای رویارویی با این مسائل، رویکرد تخمین مرز کارایی با شبکه‌های عصبی کمک‌کننده است؛ زیرا این دیدگاه بدون نیاز به پیش‌فرضی خاص، توابع تولید را با دقت بالایی تخمین می‌زند و توانایی عمل در محیط‌های غیرخطی را داراست. از این رو در این مطالعه توان شبکه‌های عصبی در تخمین مرز کارایی نسبت به تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور، کارایی ۸۵ شعبه بانک تجارت استان مازندران با استفاده از شبکه‌های عصبی و تحلیل پوششی داده‌ها (مدل‌های CCR و BCC) محاسبه شد و مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس نتایج شبکه‌های عصبی؛ تنها شعبه‌ی مرکزی آمل کارایی ۱۰۰ درصد داشت که تحلیل پوششی داده‌ها نیز این واحد را کارا تشخیص داد. مقایسات نشان داد واحدهای قوی و ضعیف در هر دو روش مشابه است و رابطه‌ی همبستگی بسیار قوی میان رتبه‌بندی‌ها و نمرات کارایی ارائه شده توسط دو روش وجود دارد. در پایان راهکارهای بهبود کارایی شعب ناکارا بر اساس مرز شبکه‌های عصبی معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: اندازه‌گیری کارایی، صنعت بانکداری، شبکه‌های عصبی مصنوعی، تحلیل پوششی داده‌ها

* نویسنده‌ی مسئول - استادیار مدیریت صنعتی دانشگاه مازندران (Email: ab.safaei@umz.ac.ir)

** کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه مازندران

۱- مقدمه

اندازه‌گیری کارایی بخش مهمی از فعالیت‌های مدیران را تشکیل می‌دهد. مدیران ارشد سازمان‌ها به دنبال شناسایی و حذف دلایل اصلی ناکارایی هستند تا بدین وسیله به سازمان‌شان در به دست آوردن مزایای رقابتی و رویارویی با تهدیدات رقبا کمک کنند (فولان و برون^۱، ۲۰۰۵). در بخش خدمات بانکی، روش‌های ارزیابی کارایی به مدیران امکان می‌دهد تا به بررسی کارایی نسبی واحدهای مختلف تصمیم‌گیری، مانند شعب یک بانک بپردازند و از این طریق واحدهای نمونه و الگو را شناسایی کنند (بالا و کوک^۲، ۲۰۰۳).

روش‌های کمی در ارزیابی کارایی را می‌توان به دو دسته ی روش‌های سنتی و روش‌های نو تقسیم کرد. در روش‌های سنتی از نسبت‌های مالی مختلفی مانند بازده نسبت به دارایی و بازده نسبت به سرمایه استفاده می‌شود. مشکل اصلی این روش‌ها عدم توانایی آن‌ها برای در نظر گرفتن شاخص‌های ورودی و خروجی چندگانه است (مولایی، ۲۰۰۳). بنابراین برای رفع این مشکلات، روش‌های تحلیل مرزی به وجود آمد. در مقایسه با روش‌های سنتی، روش‌های مرزی به مدیران اجازه می‌دهد تا بهترین عملیات ممکن را تعیین کنند و به مقایسه ی عملکرد خود با آن بپردازند. در میان انواع روش‌های مرزی، تحلیل پوششی داده‌ها^۳ مرسوم‌ترین و پرکاربردترین روش در اندازه‌گیری کارایی است (وو و همکاران^۴، ۲۰۰۶). رویکرد دیگری که اخیراً در برخی مطالعات مطرح شده، تخمین مرز کارایی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی^۵ است. شبکه‌های عصبی به دلایلی چون دقت بالا در تخمین توابع تولید، توانایی عمل در محیط‌های غیر خطی و در نظر گرفتن مفروضات اندک در زمینه ی شکل تابع تولید، توجه ویژه ای را به خود جلب کرده اند (لیائو و وانگ^۶، ۲۰۰۷).

بر این اساس، هدف این مقاله، ارزیابی کارایی شعب بانک تجارت استان مازندران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی است و در ادامه به این پرسش که آیا نتایج به

1 - Folan&Brawn

2 - Bala&Cook

3 -Data Envelopment Analysis (DEA)

4 - Wu et al.

5 -Artificial Neural Networks (ANNs)

6 - Liao&Wang

دست آمده با نتایج دیدگاه های مرسوم (مدل های پایه ای تحلیل پوششی داده ها) هماهنگی دارد، پاسخ داده شده است.

۲- پیشینه ی تحقیق

آثناسوپولس و کورام^۱ (۱۹۹۶) شبکه های عصبی را به عنوان ابزاری برای اندازه گیری کارایی مطرح ساختند. ایشان به ارزیابی کارایی ۲۵۰ شعبه ی بانکی در کانادا پرداخته و نتایج حاصل از شبکه های عصبی را با نتایج مدل های پایه ای تحلیل پوششی داده ها مقایسه کردند. مطالعه ی ضرایب همبستگی نشان داد بیش ترین میزان همبستگی (۸۷ درصد) میان رتبه بندی های دو مدل CCR و BCC وجود دارد. هم چنین همبستگی میان تحلیل پوششی و شبکه های عصبی در بهترین حالت به میزان ۶۸ درصد و مربوط به مدل CCR بود.

وو و همکاران (۲۰۰۶) به کمک یک رویه ی ترکیبی تحلیل پوششی داده ها و شبکه های عصبی، به ارزیابی عملکرد ۱۴۲ بانک بزرگ در کشور کانادا پرداختند. در این مطالعه، ورودی ها به شکل تعداد نیروی انسانی و دیگر هزینه های عمومی و خروجی ها به شکل سپرده ها، درآمدها و وام ها در نظر گرفته شد. مقایسه ی نتایج به دست آمده با مدل پیشنهادی و روش تحلیل پوششی داده ها بیان کننده ی رابطه ی قوی میان آن ها بود.

مصطفی^۲ (۲۰۰۷) با استفاده از رویه ای مشابه مطالعه ی (وو و همکاران، ۲۰۰۶) به ارزیابی عملکرد بانک های عربی پرداخت. در این مطالعه از ورودی هایی چون دارایی و سرمایه و خروجی هایی چون سود خالص، نسبت بازگشت دارایی ها و نسبت بازگشت سرمایه استفاده شده است و کارایی ۸۵ بانک برتر عربی مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه ی نتایج شبکه های عصبی و تحلیل پوششی داده ها نشان داد که میان رتبه بندی های دو روش ۹۴ درصد همبستگی وجود دارد.

سانتین^۳ (۲۰۰۷) دیدگاه مرز ضخیم شبکه های عصبی را ارائه داد. وی به منظور بررسی توان مدل پیشنهادی ابتدا یک تابع تولید فرضی طراحی و سپس کارایی واقعی

1 - Athnassopoulos&Curram

2 -Mostafa

3 -Santin

واحدها را محاسبه کرد. در ادامه کارایی واحدها با استفاده از روش های مرز تصادفی^۱، تحلیل پوششی داده ها و دیدگاه مرز ضخیم محاسبه و مقدار این نمرات با مقدار کارایی واقعی به دست آمده در مرحله ی اول مقایسه شد. محاسبات نشان داد که روش های مرز ضخیم، تحلیل پوششی و مرز تصادفی به ترتیب دارای بیش ترین میزان هم بستگی با کارایی واقعی هستند.

دلگادو^۲ (۲۰۰۵) کارایی ۷۲ اداره ی شهرداری در اسپانیا را با استفاده از مدل های پایه ای تحلیل پوششی داده ها و شبکه های عصبی مصنوعی مورد ارزیابی قرار داد. در این مطالعه به منظور اندازه گیری کارایی با شبکه های عصبی، ۲ دیدگاه تصحیح مرز با بزرگ ترین خطای مثبت و تصحیح با درصدی از بزرگ ترین خطای مثبت مورد استفاده قرار گرفت. در این مطالعه بیش ترین میزان هم بستگی ها ابتدا میان CCR و BCC (۷۸ درصد) و در ادامه میان CCR و شبکه های عصبی (تصحیح شده با بزرگ ترین خطای مثبت ۷۰ درصد) برقرار بود.

احمد پور (۲۰۰۶) به ارزیابی کارایی شعب بانک صادرات استان مازندران پرداخت. در این مطالعه، تعداد ۱۴۱ شعبه بانک صادرات در نظر گرفته شد و کارایی آن ها با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی برآورد گردید. در این پژوهش متغیرهای ورودی شامل تعداد پرسنل، تعداد ترمینال و ارزش دفتری ساختمان شعبه بوده و متغیرهای خروجی به شکل کل سپرده ها، تسهیلات بخش خصوصی، و مانده ی مطالبات معوق در نظر گرفته شد. نتایج این تحقیق بیان کننده ی پایین بودن متوسط کارایی (مقدار ۳۰ درصد) در سطح کل شعب بود.

دادگر و نیک نعمت (۲۰۰۷) به ارزیابی کارایی سرپرستی های بانک تجارت، با استفاده از تحلیل پوششی پرداختند. در این مطالعه ۳۸ سرپرستی بانک تجارت در نظر گرفته شد و کارایی واحدها با استفاده از دو مدل CCR و BCC مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج نشان داد که سرپرستی های مناطق سه، چهار و پنج تهران کارا تر و سرپرستی های قم، زنجان، آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی ناکارا هستند.

1 - Stochastic Frontier Analysis (SFA)

2 -Delgado

لین و همکاران^۱ (۲۰۰۹) به ارزیابی کارایی ۱۱۷ شعبه بانکی در تایوان پرداختند. در این مطالعه ورودی ها به شکل تعداد کارکنان، هزینه ی بهره و سپرده ها در نظر گرفته شده و مقدار وام ها، درآمد عملیاتی و درآمد بهره به عنوان خروجی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که در بخش کارایی تکنیکی کل، همه بانک ها دارای ناکارایی های آشکاری هستند؛ به طوری که متوسط کارایی تکنیکی کل ۵۴ درصد و متوسط کارایی تکنیکی خالص ۶۷ درصد بود.

ابریشمی و همکاران (۲۰۰۴) به بررسی کارایی هزینه ای بانک ملت طی سال های ۱۳۷۰-۱۳۸۲ پرداختند. برای این بررسی، با استفاده از تکنیک پارامتریک تابع هزینه ی مرزی تصادفی ترانسلوگ به تخمین میزان کارایی هزینه ای پرداخته شده است. نتایج نشان داد تنها ۱۰ درصد از واریانس جملات خطای مدل به دلیل وجود ناکارایی است. از سوی دیگر محاسبات مربوط به کارایی هزینه ای نشان داد که نسبت هزینه ی کل انجام شده به حداقل هزینه ی کل بانک به طور متوسط ۱/۰۷ است؛ از این رو بانک ملت طی دوره ی فوق تنها با ۷ درصد ناکارایی هزینه ای مواجه بوده است.

اخلاقی (۱۹۹۸) با استفاده از تکنیک حداقل مربعات معمولی اصلاح شده، توابع تولید مرزی سه بانک عمده ی کشور را در یک دوره ی ۳۰ ساله تخمین زد. نتایج نشان داد در سال های ۱۳۴۷-۱۳۵۶ کارایی نظام بانکی روند صعودی داشته و در سال های ۱۳۷۱-۱۳۵۶ کارایی بانک های مزبور روند نزولی را تجربه کرده است. از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۵ نیز با اندک نوساناتی کارایی نظام بانکی بهبود نسبی یافته است.

دولت گر (۱۹۹۸) با تخمین تابع هزینه مرزی تصادفی و با استفاده از امید ریاضی شرطی، میزان ناکارایی اقتصادی در صنعت بانکداری ایران را طی سال های ۱۳۶۸-۱۳۷۴ برآورد کرده است. نتایج نشان داد که بانک های ایرانی طی دوره ی مورد بررسی به طور متوسط در حدود ۷۶ درصد کارایی اقتصادی دارند.

۳- مواد و روش ها

در این بخش دو رویکرد تحلیل پوششی داده ها و شبکه های عصبی مصنوعی تشریح شده است.

۳-۱- تحلیل پوششی داده ها

تحلیل پوششی داده‌ها یک مدل برنامه ریزی خطی است که به محاسبه ی کارایی نسبی واحدهای تصمیم دارای چندین ورودی و خروجی می پردازد. فرض کنید n واحد تصمیم موجود باشند و هر یک؛ مقادیر متنوعی از m ورودی مختلف را برای تولید s خروجی مختلف به مصرف برسانند. برای مثال واحد j ورودی های x_{ij} ($i=1, \dots, m$) را مصرف و خروجی های y_{rj} ($r=1, \dots, s$) را تولید کنند. در این صورت کارایی واحد k تحت فروض بازده نسبت به مقیاس ثابت (CCR) و متغیر (BCC) توسط مدل های ۱ و ۲ به دست خواهد آمد (کوک و سیفورد^۱، ۲۰۰۹).

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - \omega & \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \\ \text{s.t.} \quad & & \text{s.t.} \quad & \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} = 1 & & \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} = 1 & \quad (1) \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \omega \geq 0, \forall j & & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \forall j & \\ v_i, u_r \geq \epsilon \text{ and } \omega \text{ unrestricted} & & v_i, u_r \geq \epsilon & \end{aligned}$$

جایی که: v_i و u_r به ترتیب بیان کننده ی وزن های تخمین زده شده توسط مدل ها برای ورودی i و خروجی r هستند، ω یک متغیر آزاد در علامت است که نوع بازده نسبت به مقیاس را نشان می دهد و ϵ یک عدد مثبت کوچک غیر ارشمیدسی است.

۳-۲- شبکه های عصبی مصنوعی

شبکه های عصبی یکی از قوی ترین ابزارها در حل مسائل دسته بندی الگویی و تقریب توابع هستند. ایده ی اصلی این روش بر مبنای عملکرد مغز انسان است و می تواند در مقیاس کوچک همانند شبکه های زیستی یادگیری داشته باشد (دون^۲، ۲۰۰۷). از

1 - Cook&Seiford

2 - Dunne

میان انواع مختلف شبکه، پرسپترون های چند لایه^۱؛ رایج ترین و پرکاربردترین نوع شبکه ها هستند. در این شبکه ها، خروجی، تابعی از ترکیب خطی توابع واحدهای پنهان به شکل زیر است:

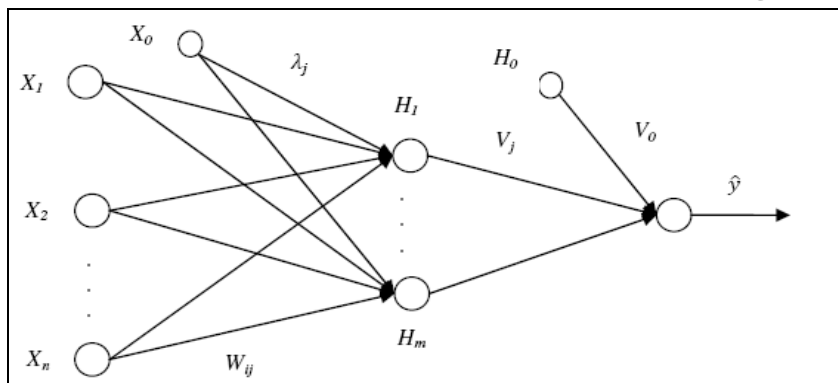
$$y_i = f(x_i; \theta) + \varepsilon \quad (3)$$

جایی که x بردار متغیرهای توضیحی، ε خطای رندوم و $f(x_i; \theta) = \hat{y}$ یک تابع ناشناخته است که باید با استفاده از داده های موجود، تخمین زده شود (آزاده و همکاران^۲، ۲۰۰۷). بر این اساس، ساختار شبکه های عصبی عبارت است از:

$$\hat{y} = f(x_i; \theta) = F(v_0 + \sum_{j=1}^m H(\lambda_j + \sum_{i=1}^n x_i w_{ij}) v_j) \quad (4)$$

جایی که:

\hat{y} : خروجی شبکه، F : تابع فعالیت لایه ی خروجی، H : تابع فعالیت لایه ی پنهان، n : تعداد واحدهای لایه ی ورودی، m : تعداد واحدهای لایه ی پنهان، x : بردار ورودی ها θ ($i=1, \dots, n$): بردار وزن ها (پارامترها)، v_0 : بایاس خروجی، λ_j : بایاس های پنهان ($j=1, \dots, m$): وزن واحد ورودی i به واحد پنهان j ، v_j : وزن واحد پنهان j به خروجی ($j=1, \dots, m$).



شکل شماره ی یک - یک MLP سه لایه با ساختار $(n, m, 1)$

منبع: آزاده و همکاران، ۲۰۰۷.

با توجه به مفروضات فوق، شکل شماره ی یک پرسپترون سه لایه را نشان می دهد.

1 - Multilayer Perceptron (MLP)

2 - Azade et al.

۳-۳- شبکه های عصبی مصنوعی و اندازه گیری کارایی

شبکه های عصبی از جمله روش های مرزی در اندازه گیری کارایی هستند. روش های مرزی به طور سنتی در دو حوزه ی مرزهای پارامتریک (شامل سه تکنیک مهم مرز تصادفی، روش توزیع آزاد و روش مرز انبوه) و مرزهای ناپارامتریک (تکنیک های تحلیل پوششی داده ها و تحلیل بدون رویه^۱) توسعه یافته است (بائور و برگر^۲، ۱۹۹۸). هر یک از این دیدگاهها دارای توانمندیها و محدودیت‌های ویژه‌ای هستند. برای مثال روش‌های ناپارامتریک از انعطاف‌پذیری بالاتری برخوردارند؛ زیرا این روش‌ها هیچ پیش فرض خاصی را در مورد شکل تابع تولید در نظر نمی‌گیرند (برونز و همکاران^۳، ۲۰۰۵). با این حال مرز کارایی در این روش‌ها نسبت به وجود داده‌های برون هشته^۴ و یا عوامل تصادفی^۵ بسیار حساس است. در نتیجه در صورتی که داده‌ها با خطاهای آماری همراه باشند، مرز به دست آمده از این روش‌ها منحرف خواهد شد. بدین ترتیب محققان همواره به دنبال روشی بوده‌اند که علاوه بر دارا بودن انعطاف‌پذیری بالای روش‌های ناپارامتریک، ضعف‌های این دیدگاه را نیز جبران کند. دیدگاهی که در این زمینه پیشنهاد شده، به کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی است (دلگادو، ۲۰۰۵).

در بحث ارزیابی کارایی، شبکه‌های عصبی مصنوعی یک دیدگاه نیمه پارامتریک است. (سانتین، ۲۰۰۷) که همانند روش‌های ناپارامتریک، هیچ پیش فرض خاصی در مورد مشخصات آماری داده‌ها و شکل تابع تولید مرزی در نظر نمی‌گیرد. لیکن مرز این روش بر خلاف مرز روش‌های ناپارامتریک، لزوماً قطعی نیست و در نتیجه حساسیت این مرز در مقایسه با مرزهای ناپارامتریک کمتر است (کوستا و مارکلوس، ۱۹۹۷). در بحث اندازه‌گیری کارایی با استفاده از شبکه‌های عصبی، ابتدا باید تابع تولید با استفاده از داده‌های تجربی، تقریب زده شود. در این جا قضیه ای مطرح می‌شود که از نظر تئوری بسیار مهم است. این قضیه به قضیه ی تقریب ساز جهانی موسوم است و (هورنیک^۷،

1 - Free Disposal Hull (FDH)

2 - Bauer&Berger

3 - Brons et al.

4 -Outliers

5 -Statistical noise

6 - Costa&Markellos

7 -Hornike

۱۹۹۰) آن را اثبات کرد. قضیه ی تقریب ساز جهانی ادعا شده است که شبکه ی عصبی پیش خور با یک لایه ی پنهان که تعداد محدودی نورون دارد با هر تابع تبدیل دل خواه، می تواند هر گونه تابعی را تقریب بزند و به عنوان یک تقریب ساز جهانی عمل کند. از آن جا که تابع تولید تخمین زده شده توسط شبکه های عصبی یک مرز عمل میانگین است، نمرات کارایی برای واحدهای بالای مرز، بزرگ تر از یک خواهد شد؛ بدین ترتیب به منظور محدود کردن نمرات کارایی در بازه ی ۰ تا ۱ به مرحله ی دومی از تحلیل ها نیاز است. در این زمینه ابتدا آئناسوپولس و کورام (۱۹۹۶) دیدگاه تصحیح مرز به وسیله بزرگ ترین خطای مثبت^۱ را پیشنهاد دادند.

$$E_i^{MLPMax} = \frac{y_i}{\hat{y}_i + Max\varepsilon} \quad (5)$$

در این دیدگاه نمرات کارایی در محدوده ی ۰ تا ۱ قرار می گیرند و بیشینه ی نمره ی کارایی به واحدی اختصاص می یابد که از آن برای تصحیح مرز استفاده شده است. تصحیح مرز کارایی با استفاده از رابطه ی (۵) به شدت به نقاط برون هشته حساس است بر این اساس سانتین (۲۰۰۷) مدل مرز ضخیم شبکه های عصبی را ارائه داد که در آن، رابطه ی (۵) برای بخش های متفاوت متغیرهای وابسته به کار گرفته می شد. این دیدگاه که در این مطالعه نیز به کار گرفته شده، دارای رویه ای به شکل زیر است.

۱- N واحد تصمیم^۱ را بر اساس خروجی های برآوردی شبکه، از کوچک به بزرگ مرتب کنید.

$$DMU \in [1; N] DMU_1, \dots, DMU_N \quad (6)$$

جایی که DMU_1 دارای کمترین خروجی برآوردی و DMU_N دارای بزرگ ترین آن هاست.

۲- در ادامه اولین خطای مثبت ε_1 متعلق به DMU_i را محاسبه کنید.

$$\varepsilon_1 = y_i - \hat{y}_i \quad i=1, \dots, N \quad (7)$$

۳- در این مرحله خروجی های کمتر از خروجی DMU_i (واحدهای از ۱ تا i) را با ε_1 جمع کنید. به عبارت دیگر مرز را برای آن ها به اندازه ی ε_1 بالا ببرید.

۴- دومین خطای مثبت ε_2 را برای DMU_j محاسبه کنید به شرطی که:

$$\varepsilon_2 > \varepsilon_1 > 0 \quad (۸)$$

۵- ε_2 را با خروجی‌های برآوردی برای واحدهای میان DMU_i تا DMU_j جمع کنید.
۶- مراحل فوق را تکرار و DMU_k را با بزرگ ترین مقدار خطا پیدا کنید به طوری که:

$$\varepsilon_k > \varepsilon_{k-1} > \varepsilon_2 > 0 \quad (۹)$$

۷- در ادامه ε_k را به خروجی های تخمین زده شده برای واحدهای میان واحد K و واحدهای با خطای ε_{k-1} اضافه کنید.

۸- ε_k را به واحدهای تصمیم باقیمانده میان واحد K و N نیز اضافه کنید.

۳-۴- انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی مدل

انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی، یکی از مهم ترین مباحث در ارزیابی کارایی سازمان‌ها با استفاده از روش‌های مرزی است؛ زیرا این امر، تعیین کننده ی زمینه ی ارزیابی و مقایسه شرکت‌هاست (لیو^۱، ۲۰۰۹). این مسأله تا حد زیادی در بحث ارزیابی کارایی بانک‌ها نیز صحیح است؛ زیرا درباره ی انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی مناسب در این صنعت، تاکنون توافقی میان محققان صورت نگرفته است (داس و ری^۲، ۲۰۰۹). در مجموع، مطالعات قبلی یکی از دو دیدگاه تولیدی و واسطه‌گری را برای انتخاب متغیرها مورد استفاده قرار داده‌اند. دیدگاه تولیدی، بانک را به عنوان یک سازمان تولیدکننده ی محصولات و خدمات می داند و در مقابل، دیدگاه‌های واسطه‌گری، بانک را به عنوان یک واسطه‌گر خدمات مالی می داند که وظیفه‌ی اولیه‌ی آن قرض گرفتن اعتبارات مالی از سپرده گذاران و سپس قرض دادن این اعتبارات به متقاضیان، برای کسب سود است. برای انتخاب یکی از این دو دیدگاه، می توان به عواملی هم چون نقش شعب بانکی در کشور مورد مطالعه، وضعیت دسترسی به داده ها، بررسی ادبیات تحقیق و ... توجه داشت (لین و همکاران، ۲۰۰۹). در این مطالعه، به منظور انتخاب دیدگاه مناسب، به بررسی نقش بانک ها در ایران پرداخته شد. بر اساس ماده ی ۱ قانون بانکداری، بانک ها موظفند تا تسهیلات لازم را برای گسترش تعاون و قرض-الحسنه از طریق جذب و جلب وجوه آزاد و اندوخته ها و پس اندازها و سپرده ها و بسیج و تجهیز آن ها برای تأمین شرایط و امکانات کار و سرمایه گذاری به منظور اجرای

1 - Liu

2 - Das&Ray

اصل ۴۳ قانون اساسی ایجاد کنند (قانون عملیات بانکی بدون ربا، ۲۰۰۴). بر اساس این قانون، بانک ها در ایران یک نقش واسطه گری دارند و هدف نظام بانکداری، بسیج سپرده ها و خرج کردن آن ها در بخش های اقتصادی مورد نیاز است. نتیجه گیری فوق در زمینه ی وضعیت بانکداری در ایران، با دیدگاه (ابریشمی و همکاران، ۲۰۰۴) نیز مطابقت دارد. بدین ترتیب بر اساس یک دیدگاه واسطه گری، سه متغیر هزینه های غیر بهره ای، هزینه های بهره ای و سپرده ها به عنوان ورودی و سه متغیر وام ها، درآمد بهره ای و درآمد غیر بهره ای به عنوان خروجی در نظر گرفته شد.

۳-۵- جامعه ی آماری و داده های مورد استفاده

در این مطالعه ۸۵۰ ردیف داده، مربوط به ۸۵ شعبه ی بانک تجارت استان مازندران در ۱۰ ماهه ی اول سال ۱۳۸۸ جمع آوری شد. در ادامه، داده های ۸۵ شعبه در دی ماه سال ۱۳۸۸ برای اندازه گیری کارایی و مابقی در فرایند طراحی شبکه به کار گرفته شدند.

۴- طراحی مدل شبکه های عصبی مصنوعی

در این بخش به منظور طراحی مدل شبکه های عصبی، ابتدا داده ها در بازه ی [۱-] هم مقیاس و استاندارد شدند. در ادامه برای تخمین تابع تولید از یک شبکه ی دولایه رو به جلو که تابع تبدیل لایه ی پنهان آن تانژانت هایپربولیک هلالی و تابع تبدیل لایه ی خروجی آن خطی بود استفاده شد. تعداد ورودی ها و خروجی های شبکه بر اساس تعداد متغیرهای ورودی و خروجی و هم چنین تعداد سلول های لایه ی پنهان با استفاده از روش آزمون و خطا تعیین شده است. پس از تعیین معماری شبکه، وزن ارتباطات میان نورون ها از طریق الگوریتم های آموزش و بر اساس زوج های آموزشی تعیین شد. الگوریتم های متعددی برای آموزش پرسپترون های چند لایه ی توسعه یافته که معروف ترین آن ها الگوریتم انتشار برگشتی^۱ است و در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه، برای برطرف کردن مشکل گرفتار شدن شبکه در نقاط کمینه ی محلی، ۲۰ شبکه ی متفاوت به ازای هر معماری طراحی و عملکرد هر ساختار

1 - Back Propagation (BP)

بر اساس آن ها سنجیده شده است. هم چنین برای رفع مشکل بیش برآزش داده ها از روش توقف زودرس استفاده شده است.

جدول شماره ی یک - مقایسه ی مدل های مختلف بر حسب مقدار MSE

معماری	تعداد شبکه ها	وضعیت خطاها در مجموعه آزمایش			
		کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
۳-۱-۳	۲۰	۰,۰۱۷۵	۰,۰۱۸۰	۰,۰۱۷۸	۰,۰۰۱۵
۳-۲-۳	۲۰	۰,۰۱۷۱	۰,۰۱۷۶	۰,۰۱۷۴	۰,۰۰۰۲
۳-۳-۳	۲۰	۰,۰۱۷۸	۰,۰۱۸۴	۰,۰۱۸۱	۰,۰۰۰۲
۳-۴-۳	۲۰	۰,۰۱۹۲	۰,۰۳۶۴	۰,۰۲۷۴	۰,۰۷۲۹
۳-۵-۳	۲۰	۰,۰۵۶۸	۰,۱۰۸	۰,۰۹۵۵	۰,۰۸۹۵

منبع: خروجی نرم افزار MATLAB

جدول شماره ی یک وضعیت خطا در مجموعه ی آزمایش شبکه های طراحی شده، در این مطالعه را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش تعداد نوروں های لایه پنهان، خطا در مجموعه آزمایش افزایش یافته است؛ بنابراین ساختار دوم که دارای دو سلول در لایه ی پنهان است مورد استفاده قرار گرفته است.

۵- نتایج و یافته ها

در این بخش کفایت مدل طراحی شده در بخش (۴) ارزیابی شده است. نتایج آزمون های تشخیص، نشان دهنده ی عدم وجود خود هم بستگی و نرمال بودن جملات اخلاص است؛ بدین ترتیب که مقدار آماره ی دورمیان واتسون در آزمون عدم وجود خود هم بستگی برای جملات اخلاص ۳ متغیر Y_1 ، Y_2 و Y_3 به ترتیب ۱,۸۳، ۱,۹۵ و ۲,۰۴ به دست آمد که بیان کننده ی عدم وجود خود هم بستگی میان جملات اخلاص است. هم چنین نتایج آزمون کلموگروف اسمیرنوف در بررسی نرمال بودن خطاهای تخمین شبکه نشان داد که توزیع خطاها در مورد هر سه خروجی نرمال است (جدول شماره ی دو).

جدول شماره ی دو - نتایج آزمون کلموگروف اسمیرنوف در بررسی نرمال بودن خطاها

		y1	y2	y3
N		85	85	85
Normal Parameters ^a	Mean	4.7337E8	-5.9975E8	1.2903E5
	Std. Deviation	3.80619E9	4.64230E9	1.53871E5
Kolmogorov-Smirnov Z		.602	.718	.670
Asymp. Sig. (2-tailed)		.861	.682	.761

منبع: خروجی نرم افزار SPSS

با توجه به یافته‌های جدول شماره ی دو مدل طراحی شده در بخش (۴) از کفایت خوبی برخوردار است و بدین ترتیب در ادامه کارایی شعب بانک تجارت با استفاده از دو روش تحلیل پوششی داده ها و شبکه‌های عصبی مصنوعی، اندازه گیری و نتایج این دو روش مقایسه شد.

۵-۱- تحلیل پوششی داده ها

به منظور اندازه گیری کارایی شعب بانک تجارت با استفاده از دو مدل پایه‌ای تحلیل پوششی داده ها از نرم افزار DEA-Solver استفاده شده است. جدول شماره ی سه نمرات کارایی و رتبه بندی شعب را در دو مدل CCR و BCC نشان می دهد.

جدول شماره ی سه- نتایج اندازه گیری کارایی با استفاده از تحلیل پوششی داده ها

واحد	شعبه	مدل CCR		واحد	شعبه	مدل BCC		واحد	شعبه
		رتبه بندی	کارایی			رتبه بندی	کارایی		
۱	۱۷ شهریورآمل	۹	۰,۸۶۲	۷	۰,۹۱۵	۴۶	انقلاب نوشهر	۴۶	۰,۵۴۴
۲	پل سفید	۴۶	۰,۴۸۵	۳۹	۰,۶۳۳	۴۷	ساری	۴۷	۰,۵۰۶
۳	جانبازان	۶۲	۰,۳۶۳	۵۷	۰,۵۰۷	۴۸	امیر کلا	۴۸	۰,۶۷۴
۴	جمهوری	۷۹	۰,۰۹۹	۷۵	۰,۳۱	۴۹	سراجکلا	۴۹	۰,۶۰۱
۵	مرکزی آمل	۱	۱	۱	۱	۵۰	بارفروش بابل	۵۰	۰,۴۰۸
۶	مازیار	۱۲	۰,۸۲۷	۱۷	۰,۸۲۷	۵۱	سنگتراشان	۵۱	۰,۸۹۶
۷	سه راه نکا	۵۵	۰,۴۲۶	۶۷	۰,۴۳۴	۵۲	شهیندساری	۵۲	۰,۳۳۸
۸	جویبار	۴	۰,۹۴۸	۲	۰,۹۸۴	۵۳	بلوار خزر	۵۳	۰,۶۰۲
۹	چمستان	۵۹	۰,۴۰۳	۷۲	۰,۴۰۶	۵۴	نوشهر	۵۴	۰,۴۸۹

۹۶..... پژوهشنامه ی مدیریت اجرایی، سال پنجم، شماره ی نهم ، نیمه ی اول ۱۳۹۲

۰,۶۴۳	۳۸	۰,۳۵۴	۶۴	نشتارود	۵۵	۰,۶۶۳	۳۴	۰,۶۶۱	۲۷	بهنمیر	۱۰
۰,۹۵۸	۴	۰,۲۱۳	۷۳	نور	۵۶	۰,۸۹۹	۸	۰,۸۸۳	۸	دریا کنار	۱۱
۰,۶۱۵	۴۱	۰,۶۱۵	۳۰	شیخ فضل اله	۵۷	۰,۶۰۸	۴۴	۰,۶۰۳	۳۲	بابلسر	۱۲
۰,۷۶۶	۲۴	۰,۶۸۵	۲۲	ارشاد بابل	۵۸	۰,۷۵۶	۲۶	۰,۴۵۶	۴۸	پل تجن	۱۳
۰,۶۶۳	۳۵	۰,۵۱۲	۴۱	طالب آملی	۵۹	۰,۶۶۶	۳۳	۰,۶۶۵	۲۶	سبزه میدان	۱۴
۰,۶۱۵	۴۲	۰,۴۵۱	۴۹	طالقانی	۶۰	۰,۸۴۶	۱۵	۰,۸۰۶	۱۴	امام ساری	۱۵
۱	۱	۱	۱	طبرستان	۶۱	۰,۴۱	۷۰	۰,۲۵۸	۷۱	زیراب	۱۶
۰,۷۰۵	۲۷	۰,۵۶۷	۳۴	عباس آباد	۶۲	۰,۵۳۱	۵۴	۰,۵۱۸	۳۹	نیما بابل	۱۷
۰,۶۷۷	۳۱	۰,۳۴۹	۶۵	شریعتی	۶۳	۰,۶۴۷	۳۶	۰,۶۳۷	۲۸	توحید بابل	۱۸
۰,۵	۵۹	۰,۱۶۵	۷۶	آزادی چالوس	۶۴	۰,۶۰۶	۴۵	۰,۵۵۶	۳۶	کشاوری	۱۹
۱	۱	۱	۱	امام بهشهر	۶۵	۰,۳۴	۷۳	۰,۳۱۶	۶۹	مدرس بابل	۲۰
۱	۱	۱	۱	فریدونکنار	۶۶	۰,۷۹۳	۱۸	۰,۷۲	۲۱	خوشرود پی	۲۱
۰,۴۹۸	۶۱	۰,۴۲۱	۵۶	امام بابلسر	۶۷	۰,۲۶۴	۷۶	۰,۱۴۴	۷۷	سورک	۲۲
۰,۸۶۱	۱۳	۰,۷۹۳	۱۵	کتالم	۶۸	۰,۵۱۶	۵۶	۰,۴۳۷	۵۳	شریعتی بابل	۲۳
۰,۵۷۱	۴۹	۰,۵۶۷	۳۵	بابل	۶۹	۰,۴۳۸	۶۶	۰,۴۱۸	۵۷	قراخیل	۲۴
۰,۹۷۸	۳	۰,۹۷۳	۲	کلاردشت	۷۰	۰,۴۷۸	۶۴	۰,۳۳۴	۶۶	فرهنگ بابل	۲۵
۱	۱	۱	۱	قائم شهر	۷۱	۰,۶۴۴	۳۷	۰,۱۸۷	۷۴	بهشتی بابل	۲۶
۰,۸۵۵	۱۴	۰,۸۵۲	۱۰	کیاکلا	۷۲	۰,۵۲۹	۵۵	۰,۵۱۱	۴۲	انقلاب ساری	۲۷
۱	۱	۰,۴۸۵	۴۷	گلوگاه	۷۳	۰,۶۸۳	۳۰	۰,۶۷۵	۲۴	میدان بار	۲۸
۰,۸۷۵	۱۲	۰,۸۴۳	۱۱	امام رضا آمل	۷۴	۰,۵۵۴	۵۲	۰,۴۸۶	۴۵	امام تنکابن	۲۹
۰,۷۷۵	۲۲	۰,۷۷۴	۱۶	محمود آباد	۷۵	۰,۷۸	۲۰	۰,۵۱۵	۴۰	بهشهر	۳۰
۰,۶۰۶	۴۶	۰,۳۲۵	۶۸	سلمان شهر	۷۶	۱	۱	۱	۱	تنکابن	۳۱
۰,۵۵۹	۵۱	۰,۵۳۹	۳۷	۱۷ شهر یور بابل	۷۷	۰,۸۲۹	۱۶	۰,۶۲۱	۲۹	امیر مازندرانی	۳۲
۰,۶۹۲	۲۹	۰,۶۸۵	۲۳	شیرگاه	۷۸	۰,۶۱۲	۴۳	۰,۳۸	۶۱	هاشمی نژاد	۳۳
۰,۶۲۷	۴۰	۰,۶۱۴	۳۱	میدان قائم	۷۹	۰,۴۲۷	۶۹	۰,۱۳۳	۷۸	فرهنگ ساری	۳۴
۰,۴۹۸	۶۰	۰,۳۵۶	۶۳	بندی بابل	۸۰	۱	۱	۰,۹۷	۳	کلارآباد	۳۵
۱	۱	۰,۹۳۴	۵	امام قائم شهر	۸۱	۰,۹۱۹	۶	۰,۹۱۶	۶	نکاء	۳۶
۰,۴۳۹	۶۵	۰,۲۲۱	۷۲	بازار رامسر	۸۲	۰,۴۲۹	۶۸	۰,۴۱۶	۵۸	بازار بابل	۳۷
۰,۶۹۲	۲۸	۰,۴۵	۵۱	امامزاده عبدالله	۸۳	۱	۱	۱	۱	خدمات درمانی	۳۸
۰,۵۵۹	۵۰	۰,۵۲۶	۳۸	معلم ساری	۸۴	۰,۴۹۷	۶۲	۰,۴۸۸	۴۴	خرم آباد	۳۹
۰,۸۸۲	۱۱	۰,۳۸۱	۶۰	۷ تیر تنکابن	۸۵	۰,۷۵۷	۲۵	۰,۷۵۳	۲۰	زاغمرز	۴۰
						۰,۹۲۵	۵	۰,۹۱۴	۷	چالوس	۴۱
						۰,۷۷۲	۲۳	۰,۷۷	۱۷	بازار آمل	۴۲
						۰,۸۸۸	۱۰	۰,۴۵۱	۵۰	رضوان امل	۴۳
						۰,۷۸۱	۱۹	۰,۷۶۸	۱۸	رامسر	۴۴

۴۵	رویان	۱۹	۰,۷۶۶	۲۱	۰,۷۷۵
----	-------	----	-------	----	-------

منبع: خروجی نرم افزار DEA-Solver

بر اساس نتایج مدل CCR، از میان ۸۵ شعبه مورد ارزیابی، تنها ۷ شعبه‌ی مرکزی آمل، تنکابن، خدمات درمانی، طبرستان، امام بهشهر، فریدونکنار و قائمشهر دارای کارایی تکنیکی کل ۱۰۰ درصد بودند. در این میان ضعیف ترین واحدها به ترتیب ۵ شعبه‌ی جمهوری، فرهنگ ساری، سورک، آزادی چالوس و شهیند ساری بودند. از طرف دیگر نتایج مدل BCC نشان داد که تنها ۱۰ شعبه‌ی مرکزی آمل، تنکابن، خدمات درمانی، طبرستان، امام بهشهر، فریدونکنار، قائمشهر، کلار آباد، امام قائمشهر و گلوگاه دارای کارایی تکنیکی خالص ۱۰۰ درصد هستند. هم چنین بر اساس این مدل ضعیف ترین واحدها سورک، جمهوری، شهیند ساری، مدرس بابل و چمستان بودند. مقایسه ی نتایج این دو مدل نشان داد که به طور کلی ۷ شعبه‌ی مرکزی آمل، تنکابن، خدمات درمانی، طبرستان، امام بهشهر، فریدونکنار و قائمشهر قوی ترین واحدها و ۳ شعبه ی جمهوری، سورک و شهیند ساری ضعیف ترین واحدها از نظر هر دو مدل هستند.

۵-۲- شبکه های عصبی مصنوعی

پس از طراحی مدل شبکه های عصبی براساس عملکرد شعب در ۹ ماهه ی اول سال ۱۳۸۸، مقدار هر یک از خروجی ها برای ۸۵ شعبه در دی ماه سال ۱۳۸۸ تخمین زده شد. در ادامه کارایی شعب بر اساس روش مرز ضخیم شبکه های عصبی مورد محاسبه قرار گرفت. جدول شماره ی چهار نتایج محاسبات این بخش را نشان می دهد.

جدول شماره ی چهار - نتایج اندازه گیری کارایی با استفاده از شبکه های عصبی

رتبه بندی	متوسط کارایی	خروجی سوم		خروجی دوم		خروجی اول		واحد
		کارایی	فضای بهبود (میلیون ریال)	کارایی	فضای بهبود (میلیون ریال)	کارایی	فضای بهبود (میلیون ریال)	
۶	۰,۸۰۳	۰,۴۰۹	۵۳۴,۶۸۳	۱,۰۰۰	۰	۱,۰۰۰	۰	۱
۵۲	۰,۳۳۰	۰,۳۳۷	۲۰۸,۳۲۷	۰,۳۹۷	۴,۵۶۸,۶۴۸	۰,۲۵۷	۱۲,۴۱۳,۲۵۱	۲
۷۵	۰,۱۹۵	۰,۱۴۵	۲۳۸,۹۸۳	۰,۱۶۴	۲,۸۹۹,۳۱۸	۰,۲۷۵	۶,۷۴۰,۶۷۹	۳
۸۵	۰,۱۰۹	۰,۰۸۹	۲۵۶,۱۷۶	۰,۱۶۸	۲,۵۹۱,۹۶۶	۰,۰۷۰	۷,۰۴۳,۹۳۱	۴
۱	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰	۱,۰۰۰	۰	۱,۰۰۰	۰	۵
۳۰	۰,۴۹۵	۰,۲۵۵	۱۹۹,۹۷۱	۰,۳۴۶	۱,۸۴۵,۷۱۲	۰,۸۸۳	۸۲۹,۴۸۴	۶
۶۵	۰,۲۳۶	۰,۱۳۴	۷۲۱,۰۱۲	۰,۱۴۸	۶,۸۶۱,۴۳۷	۰,۴۲۶	۹,۹۳۹,۹۸۰	۷

۲۱	۰.۵۳۲	۰.۳۱۰	۱۹۲.۴۹۳	۰.۲۸۵	۲.۳۵۳.۷۶۳	۱.۰۰۰	۰	۸
۶۴	۰.۲۳۶	۰.۲۲۵	۶۵۲.۷۰۹	۰.۲۹۲	۶.۱۲۶.۲۸۹	۰.۱۹۱	۳۳.۰۶۳.۸۲۵	۹
۳۵	۰.۴۵۵	۰.۶۰۰	۳۶۱.۴۱۹	۰.۳۴۴	۲۱.۵۲۷.۱۴۴	۰.۴۲۰	۲۵.۵۵۵.۵۵۰	۱۰
۲۴	۰.۵۲۵	۰.۶۱۸	۱۱۴.۰۰۰	۰.۳۴۱	۳.۵۹۵.۵۷۸	۰.۶۱۶	۵.۳۰۳.۶۲۴	۱۱
۱۸	۰.۵۴۲	۰.۳۸۱	۵۲۲.۳۱۹	۰.۶۵۷	۲.۸۷۰.۹۲۸	۰.۵۸۹	۷.۳۴۵.۴۴۲	۱۲
۴۸	۰.۳۵۰	۰.۳۶۵	۶۷.۶۲۴	۰.۲۸۵	۱.۲۲۸.۵۳۹	۰.۴۰۲	۲.۶۸۵.۸۸۱	۱۳
۵۳	۰.۳۲۵	۰.۱۹۴	۶۶۱.۲۰۵	۰.۳۴۰	۵.۳۵۱.۸۱۳	۰.۴۴۱	۹.۸۲۶.۲۲۵	۱۴
۴۱	۰.۳۷۷	۰.۱۸۲	۶۶۸.۱۱۴	۰.۳۰۸	۵.۵۷۹.۶۰۲	۰.۶۴۲	۶.۲۶۶.۰۳۰	۱۵
۶۱	۰.۲۵۶	۰.۱۸۵	۲۲۴.۸۵۳	۰.۲۶۹	۲.۰۸۰.۰۳۷	۰.۳۱۳	۴.۸۵۱.۹۷۸	۱۶
۷۱	۰.۲۱۰	۰.۲۳۳	۶۶۵.۰۹۸	۰.۱۲۴	۲۷.۸۳۷.۶۹۰	۰.۲۷۴	۳۰.۷۳۰.۳۲۷	۱۷
۶۶	۰.۲۳۳	۰.۲۱۶	۶۵۴.۱۱۶	۰.۲۶۸	۶.۳۹۲.۲۷۲	۰.۲۱۵	۳۲.۲۸۸.۸۸۲	۱۸
۶۰	۰.۲۶۶	۰.۲۸۵	۶۲۳.۲۵۱	۰.۱۱۲	۲۸.۷۵۹.۳۸۸	۰.۴۰۰	۲۶.۱۰۷.۸۲۴	۱۹
۷۶	۰.۱۶۸	۰.۱۸۵	۲۵۰.۹۷۷	۰.۰۸۲	۶.۲۶۳.۶۳۶	۰.۲۳۸	۱۲.۱۷۱.۱۵۵	۲۰
۲۲	۰.۵۲۶	۰.۴۰۶	۱۵۸.۷۴۷	۰.۵۸۲	۱.۲۲۳.۵۹۹	۰.۵۹۰	۳۰.۱۰.۳۹۴	۲۱
۸۲	۰.۱۲۲	۰.۱۴۴	۲۴۸.۸۷۴	۰.۰۷۱	۳.۲۰۰.۹۲۶	۰.۱۵۰	۷.۷۴۷.۷۹۸	۲۲
۴۹	۰.۳۴۶	۰.۱۹۳	۲۲۱.۳۷۲	۰.۳۴۵	۱.۹۴۰.۲۱۰	۰.۴۹۹	۳.۶۷۵.۷۳۸	۲۳
۵۹	۰.۲۸۶	۰.۱۶۶	۶۸۸.۵۰۰	۰.۳۳۰	۵.۵۲۴.۵۹۴	۰.۳۶۱	۱۱.۳۶۶.۳۶۵	۲۴
۷۴	۰.۱۹۵	۰.۱۰۹	۲۳۴.۷۰۳	۰.۰۸۴	۲۰.۳۷.۵۴۵	۰.۳۹۲	۳.۵۶۴.۰۱۷	۲۵
۸۳	۰.۱۱۸	۰.۱۱۰	۹۵.۳۱۸	۰.۰۸۹	۱.۷۰۸.۷۸۶	۰.۱۵۶	۴۰.۶۴.۴۴۶	۲۶
۷۷	۰.۱۶۴	۰.۱۹۹	۶۷۸.۸۹۳	۰.۰۶۳	۲۹.۴۳۵.۸۱۷	۰.۲۳۱	۳۲.۱۴۸.۱۴۰	۲۷
۳۳	۰.۴۵۷	۰.۳۳۲	۱۷۶.۳۹۷	۰.۳۵۷	۱.۵۸۵.۲۴۸	۰.۶۸۳	۲.۱۴۹.۶۳۲	۲۸
۴۳	۰.۳۷۶	۰.۲۴۰	۲۰۶.۵۲۱	۰.۳۵۰	۱.۸۶۲.۵۹۳	۰.۵۳۷	۳.۳۱۳.۷۵۳	۲۹
۱۶	۰.۵۵۵	۰.۲۷۱	۱۹۴.۳۷۶	۱.۰۰۰	۰	۰.۳۹۴	۴.۱۹۴.۵۹۹	۳۰
۴	۰.۸۰۸	۰.۴۲۳	۵۰۴.۶۸۷	۱.۰۰۰	۰	۱.۰۰۰	۰	۳۱
۲۵	۰.۵۲۴	۰.۳۶۲	۱۷۶.۸۹۷	۰.۸۳۴	۵۴۱.۷۸۱	۰.۳۷۶	۴.۹۴۷.۶۸۲	۳۲
۶۹	۰.۲۲۰	۰.۲۵۳	۱۲۰.۹۰۳	۰.۱۱۷	۱.۹۷۱.۱۳۸	۰.۲۸۹	۴.۲۷۰.۲۱۷	۳۳
۸۰	۰.۱۳۲	۰.۱۵۱	۱۴۶.۲۵۹	۰.۱۷۷	۱.۷۲۳.۶۷۸	۰.۰۶۸	۵.۲۱۶.۳۴۶	۳۴
۸	۰.۷۱۴	۰.۹۲۹	۶۳.۰۸۶	۰.۵۴۵	۱۴.۸۴۶.۹۸۵	۰.۶۶۷	۱۴.۵۸۶.۲۳۸	۳۵
۱۲	۰.۵۸۸	۰.۴۴۸	۸۹.۹۶۲	۰.۳۱۷	۱.۳۶۷.۱۳۳	۱.۰۰۰	۰	۳۶
۵۴	۰.۳۱۵	۰.۳۶۰	۲۰۳.۹۳۶	۰.۲۱۰	۴.۲۳۹.۴۳۰	۰.۳۷۶	۸.۳۶۳.۳۳۴	۳۷
۱۰	۰.۶۰۴	۰.۵۳۴	۷۷.۸۰۱	۰.۲۷۷	۱.۶۴۷.۵۱۰	۱.۰۰۰	۰	۳۸
۵۵	۰.۳۱۲	۰.۲۴۵	۶۰۹.۱۱۸	۰.۲۹۲	۴.۷۸۷.۰۰۶	۰.۳۹۹	۸.۴۳۵.۲۷۳	۳۹
۴۲	۰.۳۷۶	۰.۵۶۱	۴۲۳.۷۹۱	۰.۲۵۴	۲۴.۸۳۸.۰۹۳	۰.۳۱۴	۳۰.۴۱۱.۹۳۲	۴۰
۱۱	۰.۵۹۴	۰.۶۲۷	۱۰۲.۴۳۸	۰.۳۵۹	۱.۹۵۴.۱۵۳	۰.۷۹۴	۱.۵۴۴.۴۳۱	۴۱
۲۰	۰.۵۳۳	۰.۴۰۸	۴۸۶.۲۳۵	۰.۶۴۷	۲.۴۱۵.۴۳۴	۰.۵۴۳	۶.۴۱۰.۷۶۰	۴۲
۳۹	۰.۴۰۵	۰.۳۷۱	۶۴.۲۸۱	۰.۵۳۰	۲۶۰.۵۴۷	۰.۳۱۳	۲.۶۱۳.۵۲۷	۴۳

به کارگیری شبکه های عصبی مصنوعی در اندازه گیری کارایی ... ۹۹

۲۸	۰.۵۰۰	۰.۵۵۲	۱۳۲.۸۰۸	۰.۵۳۱	۱.۷۳۳.۵۷۹	۰.۴۱۹	۷.۷۳۶.۲۴۹	۴۴
۳۴	۰.۴۵۶	۰.۵۱۷	۱۴۲.۹۹۴	۰.۳۰۵	۳.۶۸۸.۶۷۳	۰.۵۴۶	۶.۱۴۰.۴۰۴	۴۵
۵۷	۰.۲۸۸	۰.۱۸۹	۲۱۴.۱۹۱	۰.۳۶۴	۱.۲۹۴.۰۹۰	۰.۳۱۲	۳.۳۶۹.۱۹۲	۴۶
۵۰	۰.۳۳۶	۰.۲۴۲	۶۲۸.۷۲۹	۰.۳۴۱	۵.۳۵۸.۷۲۲	۰.۴۲۳	۱۰.۱۰۰.۷۰۱	۴۷
۳۶	۰.۴۳۸	۰.۵۷۱	۱۲۹.۲۰۹	۰.۳۰۸	۳.۸۲۶.۶۹۲	۰.۴۳۷	۷.۸۴۹.۶۴۰	۴۸
۶۸	۰.۲۲۴	۰.۲۹۲	۶۱۰.۳۲۳	۰.۱۰۴	۲۸.۶۰۸.۴۳۱	۰.۲۷۷	۳۰.۸۵۰.۳۹۲	۴۹
۶۷	۰.۲۲۸	۰.۲۱۹	۲۱۷.۸۰۶	۰.۱۱۱	۲.۷۷۲.۹۵۷	۰.۳۵۳	۴.۹۲۳.۷۳۱	۵۰
۱۳	۰.۵۸۷	۰.۶۸۷	۵۰.۱۰۴	۰.۴۸۵	۱۰.۶۲۸.۶۹	۰.۵۸۸	۲.۳۳۸.۸۱۹	۵۱
۸۴	۰.۱۱۷	۰.۱۵۳	۲۳۰.۰۱۶	۰.۰۶۱	۲.۵۸۸.۴۲۴	۰.۱۳۷	۵.۹۷۹.۸۲۲	۵۲
۴۵	۰.۳۷۱	۰.۳۳۶	۱۱۱.۴۰۱	۰.۳۲۸	۱.۴۱۳.۵۲۵	۰.۴۴۸	۳.۱۲۹.۹۶۲	۵۳
۴۴	۰.۳۷۱	۰.۴۶۹	۱۶۲.۰۳۸	۰.۳۲۹	۳.۶۹۷.۶۷۱	۰.۳۱۶	۹.۴۸۵.۳۸۱	۵۴
۷۲	۰.۲۱۰	۰.۱۶۹	۱۳۷.۶۶۰	۰.۰۸۶	۱.۵۸۵.۷۷۳	۰.۳۷۴	۲.۷۲۹.۹۹۵	۵۵
۷۸	۰.۱۵۶	۰.۱۳۲	۸۵.۰۸۲	۰.۱۹۹	۴۴۴.۴۲۲	۰.۱۳۷	۳.۳۲۵.۸۷۷	۵۶
۴۰	۰.۴۰۲	۰.۵۵۳	۱۴۱.۴۴۷	۰.۱۹۹	۵.۵۵۷.۸۱۰	۰.۴۵۴	۸.۷۸۶.۸۵۰	۵۷
۲۹	۰.۴۹۷	۰.۵۵۵	۷۱.۸۱۹	۰.۳۰۰	۱.۳۸۰.۱۶۰	۰.۶۳۶	۱.۷۸۵.۴۶۳	۵۸
۳۷	۰.۴۲۵	۰.۳۹۵	۱۰۰.۳۰۴	۰.۳۳۰	۱.۳۳۳.۶۸۱	۰.۵۵۰	۲.۲۰۵.۳۰۳	۵۹
۴۷	۰.۳۶۴	۰.۴۳۹	۹۱.۹۲۰	۰.۲۸۴	۱.۳۹۱.۰۳۶	۰.۳۶۹	۳.۰۳۵.۰۶۹	۶۰
۵	۰.۸۰۶	۰.۴۱۹	۵۰۰.۹۴۳	۱.۰۰۰	.	۱.۰۰۰	.	۶۱
۳۱	۰.۴۹۲	۰.۵۹۰	۶۹.۵۵۰	۰.۵۰۰	۱.۱۳۸.۹۱۲	۰.۳۸۷	۳.۶۸۳.۱۱۶	۶۲
۶۲	۰.۲۴۷	۰.۳۷۴	۶۷.۷۴۴	۰.۱۱۱	۱.۵۸۵.۱۳۰	۰.۲۵۶	۳.۴۳۰.۱۸۱	۶۳
۷۹	۰.۱۳۲	۰.۱۶۱	۱۴۱.۵۹۸	۰.۱۷۱	۱.۵۵۱.۷۹۱	۰.۰۶۵	۴.۳۱۴.۹۹۵	۶۴
۱۴	۰.۵۸۶	۰.۸۵۹	۱۳۴.۸۴۹	۰.۴۰۷	۱۹.۶۴۵.۱۹۱	۰.۴۹۲	۲۲.۴۱۵.۰۳۱	۶۵
۹	۰.۶۸۸	۰.۴۶۳	۸۵.۸۶۶	۰.۶۰۲	۳۳۲.۲۸۱	۱.۰۰۰	.	۶۶
۳۸	۰.۴۲۱	۰.۳۶۵	۱۹۹.۲۲۷	۰.۳۹۹	۱.۹۶۱.۰۷۲	۰.۵۰۰	۳.۷۵۸.۷۷۹	۶۷
۲۶	۰.۵۱۸	۰.۵۵۶	۷۱.۰۵۲	۰.۲۵۸	۱.۳۴۵.۶۶۶	۰.۷۴۱	۱.۱۸۶.۸۴۸	۶۸
۲۷	۰.۵۰۶	۰.۶۳۸	۱۱۱.۵۴۷	۰.۴۲۸	۲۰.۵۳۰.۵۸	۰.۴۵۳	۵.۰۴۶.۸۳۵	۶۹
۵۶	۰.۳۰۹	۰.۵۴۶	۴۶۴.۹۲۸	۰.۱۷۹	۲۷.۲۶۳.۳۶۸	۰.۲۰۲	۳۴.۷۰۴.۸۵۴	۷۰
۷	۰.۷۵۱	۱.۰۰۰	.	۰.۴۳۰	۱.۲۲۸.۸۴۶	۰.۸۲۳	۱۰.۱۴.۵۶۷	۷۱
۲	۰.۸۸۰	۱.۰۰۰	.	۱.۰۰۰	.	۰.۶۳۹	۳.۴۳۱.۲۸۱	۷۲
۱۷	۰.۵۴۴	۰.۳۷۲	۶۳.۷۷۹	۱.۰۰۰	.	۰.۲۶۱	۲.۶۷۰.۲۸۸	۷۳
۱۵	۰.۵۶۸	۰.۵۶۵	۱۲۵.۸۵۰	۰.۵۴۰	۱.۳۵۶.۱۷۵	۰.۵۹۷	۲.۸۷۴.۴۷۶	۷۴
۱۹	۰.۵۳۶	۰.۵۵۶	۱۲۲.۸۵۱	۰.۲۷۶	۲۰.۱۰۲.۷۱۸	۰.۷۷۸	۱.۵۹۶.۰۹۰	۷۵
۵۸	۰.۲۸۶	۰.۲۹۸	۱۱۹.۰۶۴	۰.۳۰۹	۱.۲۶۹.۴۰۳	۰.۲۵۱	۳.۳۹۳.۴۸۷	۷۶
۵۱	۰.۳۳۲	۰.۲۵۲	۶۰۶.۶۵۲	۰.۳۴۱	۴.۴۱۹.۸۸۷	۰.۴۰۲	۸.۳۰۱.۱۴۲	۷۷
۲۳	۰.۵۲۵	۰.۶۱۸	۱۰۸.۰۶۶	۰.۳۷۵	۲۰.۱۳.۸۵۵	۰.۵۸۳	۳.۲۴۶.۸۵۵	۷۸
۷۳	۰.۲۰۵	۰.۳۰۱	۵۹۱.۱۱۵	۰.۰۷۵	۲۸.۹۵۶.۳۹۷	۰.۲۳۷	۳۱.۷۳۴.۷۲۳	۷۹

۶۳	۰,۲۳۶	۰,۲۳۴	۲۰۳,۴۵۱	۰,۱۱۲	۱,۹۷۴,۶۴۳	۰,۳۶۱	۳,۷۲۷,۸۶۹	۸۰
۳	۰,۸۶۷	۱,۰۰۰	.	۱,۰۰۰	.	۰,۶۰۱	۱,۷۴۹,۸۷۴	۸۱
۸۱	۰,۱۲۳	۰,۱۵۰	۲۲۶,۷۷۲	۰,۰۷۰	۱,۹۲۰,۴۵۶	۰,۱۴۸	۴,۱۹۵,۹۴۰	۸۲
۴۶	۰,۳۶۶	۰,۳۴۸	۱۰۶,۹۵۸	۰,۳۱۵	۱,۲۱۶,۴۴۹	۰,۴۳۶	۲,۵۱۸,۴۲۹	۸۳
۳۲	۰,۴۶۷	۰,۵۰۳	۱۴۲,۱۵۹	۰,۴۴۷	۱,۷۰۲,۳۰۷	۰,۴۵۳	۴,۰۷۰,۰۹۲	۸۴
۷۰	۰,۲۱۳	۰,۱۵۹	۱۴۵,۰۸۱	۰,۱۶۹	۶۳۲,۴۸۸	۰,۳۱۱	۲,۷۲۱,۴۵۶	۸۵

منبع: خروجی نرم افزار MATLAB و محاسبات محقق.

بر اساس نتایج تکنیک شبکه های عصبی، در بخش درآمد بهره‌ای (خروجی اول) تنها ۸ شعبه‌ی ۱۷ شه‌ریور آمل، مرکزی آمل، جویبار، تنکابن، نکا، خدمات درمانی، طبرستان و فریدونکنار دارای کارایی ۱۰۰ درصد بودند. در بخش درآمد غیر بهره‌ای (خروجی دوم) ۸ شعبه‌ی ۱۷ شه‌ریور آمل، مرکزی آمل، تنکابن، طبرستان، کیاکلا، گلوگاه، امام قائمشهر و بهشهر به صورت کارا عمل می‌کردند و در نهایت در بخش وام‌ها (خروجی سوم) ۴ شعبه‌ی مرکزی آمل، قائمشهر، کیاکلا، گلوگاه و امام قائمشهر شعب کارا بودند. میانگین نمرات کارایی خروجی‌ها نشان داد که به‌طور کلی تنها شعبه مرکزی آمل دارای کارایی ۱۰۰ درصد است. هم‌چنین ضعیف‌ترین واحدها به ترتیب، ۵ شعبه‌ی جمهوری، شه‌بند ساری، بهشتی بابل، سورک و بازار رامسر بودند. یکی از نتایج مفید به‌کارگیری شبکه‌های عصبی، محاسبه‌ی فضای بهبود برای هر یک از خروجی‌هاست. فضای بهبود که از مقایسه‌ی سطح واقعی و سطح مرزی خروجی‌ها به دست می‌آید بیان‌کننده‌ی میزان تغییرات مورد نیاز در هر یک از خروجی‌ها برای رسیدن به مرز کارایی است. برای مثال اگر واحد شماره‌ی ۴ (جمهوری) با کمترین میزان کارایی (۰/۱۰۹) در نظر گرفته شود، مشاهده می‌شود که فضای بهبود خروجی‌های این واحد به شکل (۷,۰۴۳,۹۳۱، ۲,۵۹۱,۹۶۶ و ۲۵۶,۱۷۶) است. این بدین معناست که برای قادر ساختن این واحد به استفاده‌ی کارا از منابع یعنی همان‌گونه که واحدهای دارای کارایی ۱۰۰ درصد استفاده می‌کنند، باید ۷,۰۴۳,۹۳۱ میلیون ریال بر حجم درآمدهای بهره‌ای موجود افزوده شود، درآمدهای غیر بهره‌ای باید به میزان ۲,۵۹۱,۹۶۶ میلیون ریال افزایش یابد و مقدار ۲۵۶,۱۷۶ میلیون ریال بر حجم وام‌ها افزوده شود. پس از انجام اصلاحات فوق، واحد شماره‌ی ۴ یک واحد کارا خواهد بود (جدول شماره‌ی چهار).

۵-۳- مقایسه ی نتایج تحلیل پوششی و شبکه های عصبی

بر اساس نتایج تکنیک تحلیل پوششی واحدهای کارا بر اساس دو مدل CCR و BCC به طور کلی ۷ شعبه ی مرکزی آمل، تنکابن، خدمات درمانی، طبرستان، امام بهشهر، فریدونکنار و قائمشهر و ضعیف ترین واحدها ۳ شعبه جمهوری، سورک و شهیند ساری بودند. هم چنین نتایج شبکه های عصبی نشان داد که قوی ترین واحدها به طور کلی شعب مرکزی آمل، کیاکلا، امام قائمشهر، تنکابن، طبرستان و ضعیف ترین واحدها به ترتیب شعب جمهوری، شهیند ساری، بهشتی بابل، سورک و بازار رامسر بودند. نتایج فوق حاکی از آن است که هر دو روش تقریباً واحدهای مشابهی را به عنوان واحدهای قوی و واحدهای ضعیف تعیین کرده اند. برای مقایسه ی بیش تر، ضریب هم بستگی پیرسون برای مقایسه ی نمرات کارایی و ضریب هم بستگی اسپیرمن برای مقایسه ی رتبه بندی های حاصل از سه مدل CCR، BCC و شبکه های عصبی محاسبه شد. نتایج ضریب هم بستگی پیرسون نشان داد که بالاترین میزان همبستگی (۰,۸۳۹) میان نمرات کارایی به دست آمده از مدل های CCR و شبکه های عصبی وجود دارد. هم چنین هم بستگی های بسیار قوی (۰,۷۵۸ و ۰,۸۱۴) میان نمرات BCC، شبکه های عصبی و BCC، CCR مشاهده شد (جدول شماره ی پنج).

جدول شماره ی پنج- ضریب هم بستگی پیرسون میان نمرات کارایی در روش ها

شبکه های عصبی	تحلیل پوششی (BCC)	
۰,۸۳۹	۰,۸۱۴	تحلیل پوششی (CCR)
۰,۷۵۸		تحلیل پوششی (BCC)

منبع: خروجی نرم افزار SPSS

در بخش ضریب هم بستگی اسپیرمن نیز هم بستگی بسیار قوی (۰,۸۴۵) میان رتبه بندی های حاصل از مدل های CCR و شبکه های عصبی وجود داشت. ضمن این که رتبه بندی های حاصل از مدل های BCC، شبکه های عصبی و CCR نیز هم بستگی بسیار بالایی داشتند (۰,۷۶۳ و ۰,۷۹۸).

۶- بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه کارایی ۸۵ شعبه بانک تجارت استان مازندران در دی ماه سال ۱۳۸۸ محاسبه شد. در مقایسه با مطالعاتی چون ابریشمی و همکاران (۲۰۰۴)، اخلاقی

(۱۹۹۸) و دولت گر (۱۹۹۸) که تکنیک‌های پارامتریک را به کار گرفته بودند و یا مطالعات احمد پور (۲۰۰۶)، دادگر و نیک نعمت (۲۰۰۷) و لین و همکاران (۲۰۰۹) که روش‌های ناپارامتریک را به کار برده بودند، این مطالعه از یک تکنیک نیمه پارامتریک به نام شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده کرده است تا با استفاده از داده‌های مشاهده شده و بدون نیاز به توابع پیش فرض، تابع تولید واحدهای تصمیم را با دقت بالایی تخمین زند و مرز کارایی را استخراج کند. از طرفی مرز کارایی به دست آمده در این مطالعه، در مقایسه با مطالعات آئناسوپولس و کورام (۱۹۹۶)، دلگادو (۲۰۰۵)، سانتین (۲۰۰۴) و کاستا و مارکلو (۱۹۹۷) از حساسیت کمتری نسبت به نقاط برون هشته و عوامل تصادفی برخوردار است؛ زیرا در این مطالعه برای تصحیح مرز کارایی از رویه ی مرز ضخیم سانتین (۲۰۰۷) استفاده شده که فرایند انتقال مرز را به صورت مرحله به مرحله به اجرا می‌گذارد.

برای بررسی نتایج شبکه‌های عصبی، کارایی شعب مورد مطالعه با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها نیز محاسبه و نتایج دو روش مقایسه شد. تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس نوع بازده نسبت به مقیاس واحدهای مورد ارزیابی، در دو دسته ی مدل‌های بازده نسبت به مقیاس ثابت و متغیر توسعه یافته است. این در حالی است که در بیش تر موارد محققین در شناخت نوع بازده نسبت به مقیاس و انتخاب نوع مدل (CCR یا BCC) مردد می‌مانند. در این تحقیق، بر اساس نتایج دو مدل CCR و BCC در مجموع شعب مرکزی آمل، تنکابن، خدمات درمانی، طبرستان، امام بهشهر، فریدونکنار و قائمشهر به عنوان قوی ترین و شعب جمهوری، سورک و شهبند ساری ضعیف ترین واحدها بودند (جدول شماره ی سه). از طرفی مدل مرز ضخیم شبکه های عصبی نیز نتایج تقریباً مشابهی را ارائه داد. بدین ترتیب که شعب مرکزی آمل، کیاکلا، امام قائمشهر، تنکابن و طبرستان را به عنوان قوی ترین و شعب جمهوری، شهبند ساری، بهشتی بابل، سورک و بازار رامسر را به عنوان ضعیف ترین واحدها معرفی کرد (جدول شماره ی چهار). مطالعه ی هم بستگی میان نمرات کارایی و رتبه بندی‌های ارائه شده توسط سه مدل CCR، BCC و شبکه‌های عصبی نشان داد هم بستگی بسیار قوی به میزان ۸۴ درصد میان شبکه‌های عصبی و CCR و به میزان ۷۶ درصد میان شبکه‌های عصبی و BCC برقرار است (جدول شماره ی پنج).

در مقایسه با مطالعات آئناسوپولس و کورام(۱۹۹۶)، دلگادو(۲۰۰۵)، سانتین(۲۰۰۴) و کاستا و مارکلو(۱۹۹۷) که در آن ها بیش ترین هم بستگی ها ابتدا میان BCC-CCR و سپس میان CCR و شبکه های عصبی برقرار بود، مطالعه ی حاضر با به کارگیری شیوه ی نو مرز ضخیم شبکه های عصبی نشان داد با آن که مدل های CCR و BCC هر دو از خانواده مدل های تحلیل پوششی داده ها هستند، بیش ترین میزان هم بستگی؛ ابتدا میان شبکه های عصبی و CCR و در مرحله بعد میان CCR-BCC برقرار است. این مسئله نشان می دهد، مرز کارایی واحدهای مورد مطالعه به حالت بازده نسبت به مقیاس ثابت نزدیک تر است و به عبارت دیگر مدل CCR می-تواند برآورد دقیق تری از کارایی واحدهای مورد مطالعه ارائه کند. از جمله اطلاعات مفید دیگری که در این مطالعه از مرز ضخیم شبکه های عصبی به دست آمده، ارائه ی فضای بهبود برای متغیرهای خروجی است. فضای بهبود بیان کننده ی فاصله میان سطح واقعی هر یک از خروجی ها و سطح مرزی آن خروجی است. فضای بهبود خروجی های هر یک از شعب مورد مطالعه در جدول شماره ی چهار نشان داده شده است.

یادداشت ها:

- ۱- در این دیدگاه، خطای تخمین (ε) از رابطه ی ($y - \hat{y}$) محاسبه شده و بنابراین در رابطه ی (۵) $Max \varepsilon$ بیان کننده ی بزرگ ترین خطای مثبت است.

منابع:

- Abrishami, Hamid and Mehrara Mohsen (2004)« The Survey of Allocative Efficiency in Banking System: Case Study Mellat Bank», *journal of economic*, 28, PP. 173-193 (In Persian).
- Ahmadpur, Hadi (2006) *Analysing the efficiency of I.R.I banking system using DEA*, Master dissertation, administrative & economic faculty, Mazandaran University (In Persian).
- Akhlaghi, hadi (1998) *the survey of efficiency variation in Iranian banking system in the years of 1968-1996, Master dissertation, economic faculty*, Tehran University (In Persian).
- Athnassopoulos, A. and Curram S. (1996)« A comparision of data envelopment analysis and artificial neural networks as tools for assessing the efficiency of decision making units», *Journal of the Operation Reaserch Society*, 47, PP. 1000-1016.
- Azadeh, Ali and Ghaderi S.F (2007)« An integrated artificial neural network and fuzzy clustering algorithm for performance assessment of decision making units», *Applied Mathematics and Computation*, 187, PP. 584–599.
- Bala, K. and Cook W. D. (2003)«Performance measurement with classification information: an enhanced additive DEA model», *Omega: The international Journal of Management Science*, 31, PP. 439 – 450.
- Bauer, P. W. and Berger A. N. (1998)« Consistency conditions for regulatory analysis of financial institutions: a comparison of frontier efficiency methods», *journal of economics and business*, 50, PP. 85-114.
- Brons, M. and Nijkamp P. (2005)« efficiency of urban public transit: A Meta analysis», *Transportation*, 32, PP. 1-21.
- Central Bank of Iran (2004), *Banking Operation without Interest Law*, Available in: <http://www.cbi.ir/simplelist/1531.aspx>
- Cook, W. D. and Seiford L. M. (2009)« Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on», *European Journal of Operational Research*, 192, PP. 1–17.

- Costa, A. and Markellos R. N. (1997)« Evaluating Public Transport Efficiency with Neural Network Models», *Transpn Res*, 5, PP. 301-312.
- Dadgar, Yadolah and Niknemat Zahra (2007)« Using DEA in efficiency measurement of economic units: a case of Tejarat banks administrators», *Jurnal of economic inquest*, 26, PP. 11-54 (In Persian).
- Das, A. and Ray, S. C. (2009)« Labor-use efficiency in Indian banking: A branch-level analysis», *Omega*, 37, PP. 411 – 425.
- Delgado, Francisco (2005)« Measuring efficiency with neural networks: An application to the public sector», *Economics Bulletin*, 15, PP. 1-10.
- Dolatgar, Amir (1998) *Analyzing and cost & efficiency function estimation in Iranian banks*, Master dissertation, economic faculty, Shahid Beheshti University (In Persian).
- Dunne, R. (2007) *A Statistical Approach to Neural Networks for Pattern Recognition*, New Jersey. John Wiley&Sons.
- Folan, P. and Browne, J. (2005)« a review of performance measurement: Towards performance management», *Computers in Industry*, 56, PP. 663-680.
- Hornike, K. and White, H. (1990)« universal approximation of an unknown mapping and its derivatives using multi-layer feed-forward networks», *Neural Networks*, 3, PP.535-549.
- Liao, H. and Wang, B. (2007)« Neural Network Based Models for Efficiency Frontier Analysis: An Application to East Asian Economies» *Growth Decomposition, Global Economic Review*, 36, PP. 361-384.
- Lin, Tyrone and Lee Chia (2009)« Application of DEA in analyzing a bank's operating performance», *Expert Systems with Applications*, 36, PP. 8883–8891.

- Liu, S.T. (2009)« Slacks-based efficiency measures for predicting bank performance», *Expert Systems with Applications*, 36, PP. 2813–2818
- Molaei, Hamidreza (2003) *Performance Evaluation of Refah Bank Branches in Tehran Province Using DEA*, Master dissertation, Management Faculty, Tehran university (In Persian).
- Mostafa, Mohamed (2007)« Modeling the efficiency of top Arab banks: a DEA-neural network approach», *Expert system with application*, 33, PP. 98-115.
- Santin, Daniel (2004)« The measurement of technical efficiency: a neural network approach», *Applied Economics*, 36, PP. 627-635.
- Santin, Daniel (2007)« on the approximation of production functions: a comparison of artificial neural networks frontiers and efficiency techniques», *Applied Economics Letters*, 25, PP. 1-4.
- Wu, D., Yang, Z., and Liang, L. (2006)« Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian bank», *Expert Systems with Applications*, 31, PP. 108–115.